

значних розбігах у значеннях  $R$  і  $R_{ш}$  необхідно внести корективи і знову провести розрахунок  $R$ .

За попередньою схемою захисного заземлюючого пристрою визначають: площу території, яку займає заземлювач (площа заземлювача)  $S$ , м<sup>2</sup>; сумарну довжину горизонтальної з'єднувальної смуги, м; кількість  $n$  вертикальних електродів і їх сумарну довжину.

Завдання правильного проектування захисного заземлення електроустановок є актуальним і важливим, оскільки від цього безпосередньо залежить безпека працюючих в електроустановках. Захисні заземлюючі пристрої – це невід'ємна частина електротехнічних установок. На них покладено численні функції із забезпечення надійної і безпечної роботи електроустановки. Тому аналіз і вибір методу розрахунку захисного заземлення – необхідна задача, вирішення якої вимагають положення безпеки праці.

Порівнюючи викладені вище методи, можна сказати, що розрахунок за ними може виконуватися як за допустимим опором розтікання струму заземлювача, так і за допустимою напругою дотику (і шагу).

Метод коефіцієнтів використання є функціональним методом, адже він може використовуватися як для простих, так і для складних конструкцій групових захисних заземлюючих пристроїв.

Метод наведених потенціалів більш складний, але дає точніші результати, ніж метод коефіцієнтів використання. Його доцільно використовувати при складних конструкціях групових заземлювачів, що звичайно має місце в електроустановках з великими струмами замикання на землю (більше 500 А), тобто напругою 110 кВ і вище.

1. ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. – К., 2000. – 159 с.

2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

3. Техника безопасности при строительно-монтажных работах в энергетике / Под ред. П.А. Долина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 544 с.

4. Серіков Я.О. Основы охраны праці. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 227 с.

*Отримано 29.12.2008*

УДК 621.315.66

О.Д.МАЗІЙ, В.Ф.РОЙ, д-р фіз.-матем. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

## **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ**

Розглядається вплив кліматичних навантажень на елементи ліній електропередач та аналізується ефективність сучасних методів контролю та протидії їх наслідкам.

Технічний стан повітряних ліній (ПЛ) безпосередньо впливає на надійність електропостачання, тому дослідження умов, що впливають на збереження їх функціональних характеристик у процесі експлуатації, є важливим завданням електроенергетики. ПЛ електропередачі України знаходяться в районах з різними кліматичними зонами і, залежно від географічного положення місцевості, підлягають впливу кліматичних факторів, що проявляються в різній інтенсивності. Багаторічна статистика свідчить, що основною причиною масового пошкодження ПЛ є екстремальні ожеледно-вітрові навантаження. Досвід експлуатації показує, що всі відключення ПЛ зумовлені або спільною дією великих навантажень від вітру та ожеледі, або пляскою проводів при ожеледі та вітрі. При цьому дія вітру та ожеледі призводить до значного збільшення навантаження на елементи ПЛ у динамічному режимі пляски проводів, що перевищують діючі норми розрахункових навантажень. Це стосується, насамперед, так званих «проблемних районів», наприклад Карпат, степів Криму, примор'я, де ці відповідні навантаження проявляються найчастіше. Аналіз показує, що причиною підвищеної аварійності ПЛ від ожеледно-вітрових навантажень, як правило, є недосконалість діючих до 1975 р. проектних норм, що не дають змоги правильно визначити необхідну міцність елементів ПЛ. Для правильного розрахунку вітрового навантаження при ожеледі необхідна наявність принаймні двох карт районування по вітровому тиску та по ожеледі або по нормативному вітровому навантаженню при ожеледі [1]. Сучасна карта вітрового районування території України містить п'ять вітрових районів зі значеннями навантаження, в якій вітровий тиск змінюється від 0,4 до 0,6 кПа, тоді як в [2] наведено всього два вітрових райони з розрахунковими значеннями вітрового тиску 0,42 та 0,53 кПа. Як свідчать останні дослідження [3], необхідно також враховувати вплив мікрокліматичних факторів, обумовлених особливостями ландшафту: рельєфу місцевості, висоти над рівнем моря, наявністю лісових масивів та ін. Метою даної роботи є аналіз ефективності існуючих методів оцінки стану ПЛ і пошук системного комплексного підходу до визначення кліматичних навантажень на ПЛ. Удосконалення методів визначення величини діючих факторів кліматичних навантажень дає змогу більш точно розробити заходи щодо попередження ожеледно-вітрових аварій як на стадії проектування, так і під час експлуатації ПЛ.

Перспективним напрямком є дослідження в галузі раннього виявлення та попередження ожеледно-вітрових аварій з системним підходом до проблеми, яка включає в себе аналіз аварій в період ожеледно-вітрових ситуацій, системоутворюючих факторів та комплекс запобі-

жних заходів. Основним підходом до системного попередження ожеледно-вітрових аварій є удосконалення організації експлуатації та оперативного контролю стану електричних мереж, підвищення кваліфікації персоналу, використання можливостей автоматичного спостереження за ПЛ для аналізу ожеледно-вітрових аварій та контролю за виконанням запобіжних заходів. Сучасні методи раннього попередження ожеледно-вітрових аварій потребують якісного контролю та діагностики всіх елементів ПЛ, до яких відносяться: телевиміри ожеледних навантажень, лазерне сканування, ультразвукова та вібраційна діагностика елементів ПЛ. Для своєчасного виявлення ожеледоутворення використовується прямий метод визначення ожеледі на проводах ПЛ, шляхом зважування за допомогою спеціальних датчиків. Інформація від датчика навантажень через апаратуру системи телевиміру ожеледних навантажень (СТОН) поступає на автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера електричних мереж. При перевищенні маси ожеледі проводу за допустимі межі видається сигнал про виникнення критичної ситуації. Далі на основі показань СТОН диспетчер приймає рішення про включення системи плавки ожеледі. На даний момент існує декілька розробок системи передачі інформації: по блискавкозахисному тросу, по високочастотному каналу зв'язку та по радіоканалу. Недоліком першої системи є залежність даних навантаження на проводи від радіоперешкод, наведень, струмів розтікання по землі на підстанції, а також неможливість використання системи ПЛ з глухо заземленим тросом. Недоліком другої системи є обов'язкова наявність високочастотного каналу та складність схемотехніки, що потребує відповідної кваліфікації персоналу. Третя система, що використовує в якості носія інформації радіоканалу, має складність з реєстрацією частоти передавача. В умовах мінливості клімату і збільшення вимог до надійності електрозабезпечення цю систему спостереження можна застосовувати, якщо класичними способами здійснити відбір потужності для живлення лінійних комплектів важко або неможливо. Усі три типи використовують практично однакові пристрої відбору потужності для живлення лінійних комплектів передачі інформації, однотипні датчики ожеледі.

Одним із найважливіших елементів ПЛ є опори, оскільки їх пошкодження призводить до значних матеріальних збитків та потребує найбільших зусиль для відновлення. Так, у деяких місцях Харківської області, вага льоду на проводах досягала понад 7 кг/м, у результаті чого було пошкодження 1908 опор і вийшло з ладу 177 км ПЛ. Стан опор у різних регіонах України залежить також від умов забруднення повітряного середовища та строку експлуатації. Майже 50% опор, що

експлуатуються, мають на даний час знос більше 60% ресурсу. Для контролю стану опор ПЛ використовують ультразвукові методи оцінки міцності бетонних фундаментів, що ґрунтуються на зміні параметрів ультразвукових коливань у бетоні від стану його структури, наявності дефектів і пошкоджень. Поява тріщин у бетоні може викликати корозію арматури і ослаблення здатності конструкцій опори протистояти навантаженням. Оцінка корозійного стану арматури здійснюється електромеханічним методом, шляхом її поляризації від зовнішнього джерела струму. Опір анодної і катодної поляризації арматури в непошкодженому і в пошкодженому бетоні має істотні відмінності, які і містять інформацію про її корозійний стан. Для контролю стану залізобетонних фундаментів і стійок опор ефективними є вібраційні методи, діагностична оцінка яких ґрунтується на аналізі декрементів згасання механічних коливань низької і високої частоти штучно створених у залізобетонних конструкціях. З появою тріщин у бетоні або корозії арматури їх взаємодія порушується, що може бути чітко зафіксовано за відповідною апаратурою. Різке подорожчання металу примушує звернути увагу на способи довготривалого захисту опор від корозії. В умовах агресивного середовища, що притаманно сучасній Україні, найбільш ефективним та надійним способом захисту від корозії металевих елементів ПЛ є застосування цинко-вмісних лакофарбних матеріалів, а також термодифузного і металізаційного методів нанесення захисного покриття [4]. При проектуванні нових ПЛ для створення цифрових моделей рельєфу місцевості і насичених міських ландшафтів, таксації лісу, прогнозування зон затоплення, моніторингу берегової лінії доцільно використовувати методи лазерного сканування. Можливості технології лазерного сканування особливо при комбінуванні з традиційними аерознімальними і фотометричними методами настільки значні, що можна розглядати їх як альтернативу класичному стереотопографічному методу створення і оновлення топографічних карт і планів всього масштабного ряду. Залежно від типу лазерного локатора можна фіксувати до п'яти віддзеркалень для кожної лінії візування, що сприяє отриманню більш інформативних лазерно-локаційних зображень, оскільки в одному акті сканування можуть бути отримані відгуки відразу від декількох компонентів місцевості. Метод лазерного сканування і цифрового аерофотознімання дозволяє діагностувати різноманітні порушення і пошкодження на трасах ПЛ: дефекти опор, фундаментів, проводів, блискавкозахисних тросів, підвісок і арматури. Надійні методи оцінки впливу кліматичних навантажень на ПЛ дають змогу розробити ефективні засоби боротьби з негативною дією цих навантажень. Боротьба з ожеледними відкладеннями вимагає

ретельного вивчення фізики процесу утворення ожеледі. Для цього необхідно визначити інтенсивність ожеледі, її вигляд, а також кліматичні умови, що сприяють утворенню ожеледі: швидкість вітру, його напрям до проводів ПЛ, температуру і вологість повітряного потоку, рельєф місцевості. Основним методом боротьби з ожеледдю в даний час є плавка льоду за допомогою струмів короткого замикання, зрівняльними струмами [5]. Плавка ожеледі є досить складним процесом, оскільки мала величина струму короткого замикання не дає потрібного ефекту по оплавленню ожеледного відкладення, а перевищення струму короткого замикання призводить до оплавлення самих проводів ПЛ. Оскільки для підготовки та проведення плавки ожеледі в середньому витрачається понад шість годин, то за цей час виникає до 50% пошкоджень ПЛ [6]. Тому більш ефективним є профілактичне прогрівання проводів і тросів, починаючи з моменту передування початку ожеледних відкладень, що дозволяє забезпечити їх «самозахист». Періоди мінімальних навантажень в нічний і ранковий час (до 6-7 години ранку) можуть стати найбільш вірогідними періодами роботи цієї системи. Повільне освоєння нових напрямків та методів боротьби з ожеледдю, пляскою та вібрацією пояснюється тим, що всі дослідники шукали вирішення проблеми гасіння пляски у повному її придушенні, а ожеледі – в повному запобіганні появі або ліквідації, а не в обмеженні до безпечних величин, які б забезпечували експлуатацію ПЛ з певною гарантією її надійності. Ефективні рішення боротьби з пляскою та відкладеннями ожеледі можуть бути знайдені при застосуванні комплексних методів, що дозволяють одночасно гасити вібрацію та пляску проводів і обмежувати величину ожеледоутворювань до допустимих розрахункових величин.

Таким чином, проведений аналіз дає змогу запропонувати найбільш ефективні методи визначення параметрів кліматичних навантажень та рекомендувати сучасні комплексні методи контролю та діагностики стану ПЛ та її елементів, ефективні засоби протидії ожеледно-вітровим навантаженням, що дозволить попередити тяжкі аварії на ПЛ та мінімізувати фінансові витрати на поновлення їх працездатності.

1.ДБН В.1.2-2004. Нагрузки и воздействия. – 2-я ред. – К.: ОАО «УкрНИИпроект-стальконструкция», 2004. – 190 с.

2.СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 153 с.

3.Турбин С.В. Основные положения методики учета гололедно-ветровых нагрузок на строительные конструкции для ДНБ «Нагрузки и воздействия» // Вісник ДонНАБА. Вип.5 (61). – Макіївка, 2005. – С.23-29.

4.Лавров Ю.А. Опыт и проблемы от проектирования до эксплуатации ЛЭП // Новости электротехники. Вип.4 (52). – СПб., 2008. – С.18-23.

5.Шиликабаев С.К., Борисов В.Н. Схемные решения по повышению эффективно-

сти устройств для плавки гололёда // Сб. науч. тр. – Алма-Ата: КазНИИЭ, 2005. – С.12-18.

6.Дьяков А.Ф. Системный подход к проблеме предотвращения и ликвидации гололёдных аварий в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 140 с.

*Отримано 25.12.2008*

УДК 629.072.18

**А.А.ВОЛОДЧЕНКО**

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗБИЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА РАЙОНЫ**

Рассматривается модификация метода «ветвей и границ» для разбиения транспортной сети города на районы. Приводится статистическое подтверждение эффективности метода.

Организация перевозок при помощи автомобильного транспорта является сложным процессом, зависящим от многих факторов. Одним из таких факторов является разработка маршрутов автомобильного транспорта. Для эффективного решения задачи маршрутизации чрезвычайно полезным является разбиение транспортной сети на районы.

Традиционно в качестве границ районов использовались существующие природные препятствия, административное деление на районы или оценки экспертов. В [1] приводится описание и анализ существующих подходов к разбиению транспортной сети города на районы.

Первоначально метод «ветвей и границ» разрабатывался для решения задачи коммивояжера [2, 3]. Согласно [2] метод относится к точным методам, позволяющим найти кольцевой маршрут минимальной длины, проходящий через все пункты транспортной сети.

В работе [4] приводится первая попытка применения модифицированного метода «ветвей и границ» для разбиения транспортной сети на районы. Критерием для оценки качества разбиения предлагается выбрать суммарную длину маршрутов коммивояжера в полученных районах. Согласно предлагаемому критерию алгоритм, описанный в [4], позволяет получить не совсем эффективное разбиение. Кроме того, данный алгоритм модификации обеспечивает возможность получить разбиение транспортной сети, общее количество пунктов в которойкратно количеству районов. Но при равных количествах пунктов в районах последние могут значительно различаться площадями занимаемых территорий.

В работе [1] приводится усовершенствованная модификация метода «ветвей и границ». Она позволяет получить достаточно эффек-